

# 理 科(化学)

(2024)

- (注意事項)
- 1 問題文は14ページあります。
  - 2 解答は解答用紙の所定欄に記入してください。指示されたところでは解答の導き方についても記入してください。下書きは、問題冊子の余白を利用してください。ただし、回収はしませんので採点の対象とはなりません。
  - 3 定規を使用することができます。ただし、計算・メモ・通信などの機能をもった時計や電卓、携帯電話などは使用できません。
  - 4 解答は一部記述を含むマークセンス方式となっていますので、解答用紙の注意事項をよく読み解答してください。
  - 5 受験番号・氏名・フリガナは、監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に丁寧に記入してください。
  - 6 解答用紙にマークセンス方式の受験番号欄があります。受験番号をマークする際は濃く丁寧にぬってください。
  - 7 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページ落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

必要ならば以下の数値を参照せよ。

原子量：H = 1.0, Li = 6.9, C = 12, N = 14, O = 16

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

**第1問** 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号  ～  〕

問1 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

- a 物質の温度や圧力を変化させると、一般に固体、液体、気体の間で状態変化が起こる。
- b 圧力  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで、水は  $100^\circ\text{C}$  で沸騰する。このとき、圧力が  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  よりも低くなると、水は  $100^\circ\text{C}$  より高い温度で沸騰する。
- c 純物質が融解や沸騰を始めると、それが終わるまでは加熱し続けても温度は上昇せず一定に保たれる。
- d 純物質の液体を冷却していくと、凝固点以下になっても凝固しないことがある。これを過飽和という。
- e 融解の際に与えられた熱は、固体の構成粒子の規則正しい配列を崩すために使われる。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問2 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

2

- a 自由電子の共有による金属原子どうしの結合を金属結合という。
- b 陽イオンと陰イオンが、静電的な引力によって結びついた結合をイオン結合という。
- c 原子間で価電子を共有してできる結合を共有結合という。
- d 電気陰性度が特に小さいフッ素F，酸素O，窒素N原子間に、水素H原子が介在して生じる分子間の結合を水素結合という。
- e 金属元素の陽イオンに分子や陰イオンが不対電子を提供し、共有することで結びついた結合を配位結合という。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問3 プロパン 22 g の完全燃焼による発熱量として、最も近い数値を下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、プロパンの燃焼熱は 2219 kJ/mol である。

3

- ① 650 kJ    ② 810 kJ    ③ 900 kJ    ④ 1000 kJ    ⑤ 1100 kJ  
⑥ 1200 kJ    ⑦ 1300 kJ    ⑧ 1500 kJ    ⑨ 1600 kJ    ⑩ 2000 kJ

問4 硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  が水 100 g に溶ける最大量は、 $80.0^\circ\text{C}$  で 169 g、 $25.0^\circ\text{C}$  で 38.0 g である。 $80.0^\circ\text{C}$  の  $\text{KNO}_3$  飽和水溶液の質量パーセント濃度  $\boxed{a}$  % と、この水溶液 300 g を  $25.0^\circ\text{C}$  に冷却したときに析出する  $\text{KNO}_3$  の結晶の質量  $\boxed{b}$  g の組合せとして、最も適切なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。  $\boxed{4}$

	a	b
①	27.5	48.7
②	27.5	97.3
③	48.7	146
④	48.7	195
⑤	62.8	97.3
⑥	62.8	146
⑦	80.0	195
⑧	80.0	285

問5 コロイド溶液に関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。  $\boxed{5}$

- a 身のまわりのコロイド溶液には、墨汁、牛乳、マヨネーズなどがある。
- b コロイド溶液に強い光線を照射すると、光の通路が一様に輝いて見える。これを透析という。
- c コロイド溶液に2本の電極を浸して直流電圧をかけると、コロイド粒子はどちらかの電極側に移動する。
- d 溶液中のコロイド粒子を顕微鏡で観察すると、不規則に動いているのが見える。
- e タンパク質やセッケンのコロイドは水分子と水和しており、疎水コロイドという。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
 ⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問6 0.10 mol/L の酢酸水溶液の電離度  $\alpha$  と pH の組合せとして、最も適切なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、酢酸の電離度は1に比べて十分に小さく、酢酸の電離定数  $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$  mol/L,  $\sqrt{2.7} = 1.6$ ,  $\log_{10} 2.0 = 0.30$  とする。

6

	$\alpha$	pH
①	$0.40 \times 10^{-2}$	1.4
②	$0.40 \times 10^{-2}$	2.1
③	$0.80 \times 10^{-2}$	2.1
④	$0.80 \times 10^{-2}$	2.8
⑤	$1.6 \times 10^{-2}$	2.8
⑥	$1.6 \times 10^{-2}$	5.6
⑦	$3.2 \times 10^{-2}$	5.6
⑧	$3.2 \times 10^{-2}$	7.0

問7 容積一定の容器に、1.0 mol の水素  $H_2$  と 1.0 mol のヨウ素  $I_2$  を入れて加熱し、一定温度に保ったところ、1.6 mol のヨウ化水素 HI が生成して反応が平衡状態に達した。この温度における平衡定数として、最も適切な数値を下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、反応物および生成物はすべて気体とする。

7

- ① 3.0      ② 14      ③ 20      ④ 32      ⑤ 40  
 ⑥ 51      ⑦ 64      ⑧ 70      ⑨ 85      ⑩ 100

第2問 次の問い（問1～6）に答えよ。〔解答番号 8 ～ 14 〕

問1 次の記述 a～d の中で、正しいものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。

8

- a 三重水素（トリチウム） $^3\text{H}$ の半減期が12年であるとする、36年後には当初の量の $\frac{1}{8}$ になる。
- b 水素 $^1\text{H}$ と重水素 $^2\text{H}$ は互いに同素体である。
- c 質量数とは原子核中の中性子の数のことである。
- d 同じ電子配置の $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Na}^+$ を比較すると、原子番号が大きくなるほどイオンの大きさは小さくなる。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ① a・b | ② a・c | ③ a・d |
| ④ b・c | ⑤ b・d | ⑥ c・d |

問2 ヨウ化カリウム KI の水溶液に塩素  $\text{Cl}_2$  を吹き込むとヨウ素  $\text{I}_2$  が遊離するが、この理由として最も適切なものを下の①～④のうちから一つ選べ。

9

- ① 塩素の方がヨウ素よりも強い酸化剤であるため。
- ② ヨウ素の方が塩素よりも強い酸化剤であるため。
- ③ 塩酸の方がヨウ化水素酸よりも強い酸であるため。
- ④ ヨウ化水素酸の方が塩酸よりも強い酸であるため。

問3 次の記述 a～d の中で、正しいものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。

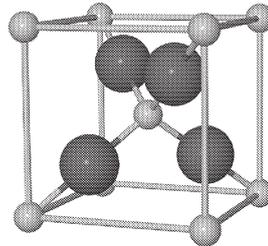
10

- a リチウムは第2周期の元素の原子の中で最もイオン化エネルギーが小さい。
- b カリウムを炎の中に入れると炎が黄色となる。
- c アルカリ金属の単体はいずれも空気中の酸素や水と反応しやすい。
- d ナトリウムの単体は食塩水を電気分解することで得られる。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ① a・b | ② a・c | ③ a・d |
| ④ b・c | ⑤ b・d | ⑥ c・d |

問4 ある銅の酸化物の単位格子は立方体で、下のような構造となっている。大きい球（陽イオン）は単位格子の内部に4個存在し、小さい球（陰イオン）は単位格子の頂点と中心に位置する。この酸化物の組成式として、最も適切なものを下の①～⑤のうちから一つ選べ。

11

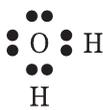


- ① CuO      ② Cu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>      ③ Cu<sub>3</sub>O<sub>2</sub>      ④ Cu<sub>2</sub>O      ⑤ CuO<sub>2</sub>

問5 分子の構造を考える際に、共有電子対と非共有電子対の存在を考慮する考え方がある。例えば水分子の場合、電子式は図aのようになるので、酸素原子のまわりには水素原子との結合に参与する共有電子対が2対と非共有電子対が2対存在し、合計4対の電子対があることになる。このように、ある原子のまわりに4対の電子対が存在するときは、それらは互いに反発して正四面体の頂点方向の位置に配置することが知られている（図b）。これによってH-O-Hは直線形ではなく折れ線形であることがわかる。

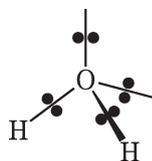
この考え方では、原子のまわりの電子対（共有電子対と非共有電子対）の数によって、その電子対の配置が決まると考える。電子対が2対なら、直線状に電子対が配置し（図c）、3対なら正三角形の頂点方向の位置に電子対が配置する（図d）。下の問い(1)、(2)に答えよ。

a



水分子の電子式

b



水分子のO原子のまわりの電子対の配置

c



A原子のまわりの電子対が2対の場合

d



A原子のまわりの電子対が3対の場合

- (1) 分子式が  $\text{BeH}_2$  と  $\text{CH}_2$  である 2 つの分子を考えることとする。これらの分子において、 $\text{Be-H}$  結合と  $\text{C-H}$  結合はいずれも共有結合とする。また、不対電子が 2 つの場合は 1 組の非共有電子対を形成するものとする。これら 2 つの分子の電子式を書いた場合、ベリリウム原子と炭素原子のまわりの電子対の数として、最も適切なものを下の①～④のうちから一つ選べ。

12

- ① ベリリウム 2 対 炭素 3 対
- ② ベリリウム 3 対 炭素 3 対
- ③ ベリリウム 2 対 炭素 4 対
- ④ ベリリウム 3 対 炭素 4 対

- (2) 前問の考え方によれば、 $\text{BeH}_2$  分子と  $\text{CH}_2$  分子はどのような構造となると予想されるか。最も適切なものを下の①～④のうちから一つ選べ。

13

- ①  $\text{BeH}_2$  直線形,  $\text{CH}_2$  直線形
- ②  $\text{BeH}_2$  直線形,  $\text{CH}_2$  折れ線形
- ③  $\text{BeH}_2$  折れ線形,  $\text{CH}_2$  直線形
- ④  $\text{BeH}_2$  折れ線形,  $\text{CH}_2$  折れ線形

- 問 6 次の記述 a ~ d の中で、正しいものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。

14

- a フェノールに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する。
- b  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  中の鉄原子の酸化数は +3 である。
- c 濃硫酸を薄めるときは濃硫酸に水を少しずつ加える。
- d 単斜硫黄と斜方硫黄はいずれも  $\text{S}_8$  分子からなる。

- ① a・b                      ② a・c                      ③ a・d
- ④ b・c                      ⑤ b・d                      ⑥ c・d

第3問 次の問い（問1～4）に答えよ。〔解答番号 15 ～ 21〕

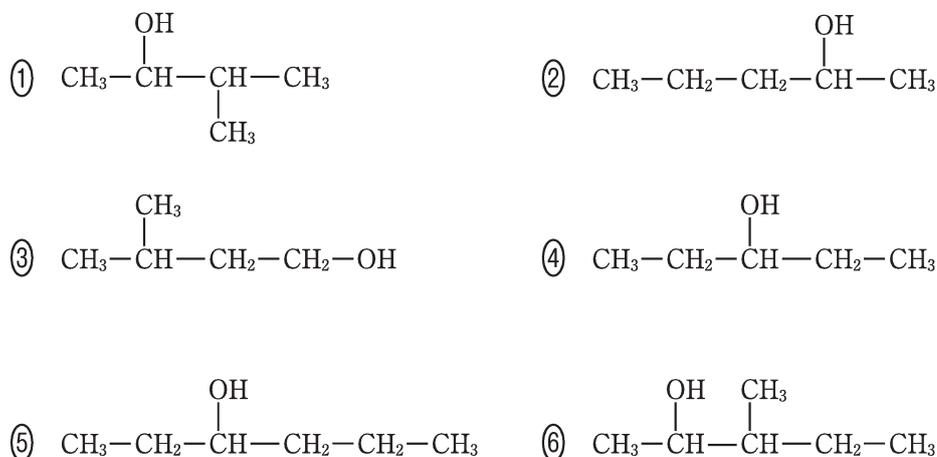
問1 アルケンA ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ ) に対してオゾン分解を行うと、二種類のアルデヒドB ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) およびC ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ) が生成した。このアルケンAに関する下の問い(1), (2)に答えよ。

(1) 以下の記述 a～e の中で、正しいものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。 15

- a オゾン分解によって得られたアルデヒドB, Cはいずれも銀鏡反応を示す。
- b アルケンAの溶液に臭素を過不足なく加えると、アルカンの臭素化物であるジブロモアルカンを生成する。反応の進行に伴い、その溶液は無色から褐色へ変化する。
- c アルケンAは白金触媒存在下、水素と反応させると分子量が4増えたアルカンが生成する。
- d アルケンAに臭素を付加して得られるジブロモアルカンは不斉炭素原子を2つ含む。
- e アルケンAには鏡像異性体が存在する。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
 ⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

(2) アルコールDに対して加熱した濃硫酸を反応させると、分子内で脱水反応が進行し、アルケンAが生成した。アルコールDはヨードホルム反応を示し、かつ分子内に不斉炭素原子を持つ。Dの構造式として最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。 16



問2 糖類に関する次の文章を読んで下の問い(1), (2)に答えよ。

糖類は一般式  $C_m(H_2O)_n$  で表される化合物であり、分子中に複数の **ア** 基を持つ。グルコース  $C_6H_{12}O_6$  は単糖であり、 $\alpha$ -グルコース、 $\beta$ -グルコースは **イ** 異性体の関係にある。この二つのグルコースは鎖状構造を経由して相互に変換する。a) グルコースは酵母の働きによってエタノールと **ウ** へ分解される。この反応はアルコール発酵と呼ばれ、古くから酒造りに利用されている。また、植物によって合成された糖をアルコール発酵して得られるエタノールは、バイオエタノールと呼ばれ、カーボンニュートラルの観点から注目されている。

(1) 空欄ア, イ, ウに当てはまる用語の組合せとして、最も適切なものを下の①~⑩のうちから一つ選べ。

17

	ア	イ	ウ
①	ヒドロキシ	構造	二酸化炭素
②	ヒドロキシ	構造	メタノール
③	ヒドロキシ	立体	プロパン
④	ヒドロキシ	立体	二酸化炭素
⑤	カルボニル	構造	メタノール
⑥	カルボニル	構造	プロパン
⑦	カルボニル	立体	二酸化炭素
⑧	アミノ	構造	メタノール
⑨	アミノ	構造	プロパン
⑩	アミノ	立体	二酸化炭素

(2) 下線部 a) の反応について答えなさい。

グルコース 120 g に酵母菌 (イースト) に含まれる酵素を作用させるとアルコール発酵によりエタノールが生成する。このとき得られるエタノールの質量として、最も適切な数値を下の①~⑥のうちから一つ選べ。なお、反応は完全に進行するものとする。

18

- ① 35 g    ② 52 g    ③ 57 g    ④ 61 g    ⑤ 64 g    ⑥ 66 g

問3 アミノ酸に関する記述 a～d の中で、正しいものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。

19

- a アミノ酸のうち、同じ炭素原子に  $-\text{NH}_2$  と  $-\text{COOH}$  が結合したものを  $\alpha$ -アミノ酸と呼ぶ。
- b アラニン ( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ) は分子中に不斉炭素原子が存在するため、1対の鏡像異性体 (D体, L体) が存在する。
- c 水中でアミノ酸は  $\text{H}^+$  が  $-\text{COOH}$  から  $-\text{NH}_2$  へ移動して双性イオンとなるため、水に溶けにくくなる。
- d アミノ酸の検出にはニンヒドリン反応を用いる。アミノ酸の水溶液にニンヒドリン溶液を加えて温めると赤褐色に呈色する。

① a・b ② a・c ③ a・d ④ b・c ⑤ b・d ⑥ c・d

問4 炭素, 水素, 酸素からなる 6.17 mg のカルボン酸 E を完全燃焼させたところ, 二酸化炭素が 11.00 mg, 水が 4.50 mg 得られた。また, a) E とエタノールを混合し, 濃硫酸を触媒として加熱するとエステル化が進行し, F を得た。 E, F に関する以下(1), (2)の問いに答えよ。

(1) E の分子式は以下のどれかに該当する。E の最も適切な分子式を下の①～⑥のうちから一つ選べ。

20

①  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$                       ②  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$                       ③  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_4$   
④  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$                       ⑤  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_4$                       ⑥  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$

(2) 下線部 a) の反応が完全に進行するとして, 1.48 g の E から生成するエステル F の質量として, 最も適切な値を下の①～⑥のうちから一つ選べ。

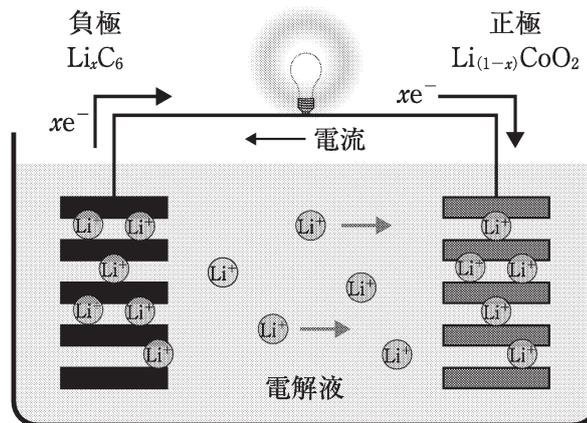
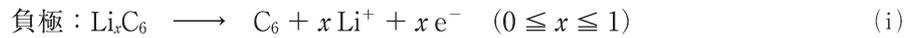
21

① 1.6 g ② 1.8 g ③ 2.0 g ④ 2.3 g ⑤ 2.6 g ⑥ 2.9 g

**第4問** 次の文章を読んで下の問い（問1～3）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄に記せ。計算問題は計算過程も記し，解答は有効数字2桁で答えよ。

記述式解答記入欄 1

リチウムイオン電池の放電時の負極および正極における反応は下のよう表される。



問1  $0 \leq x \leq 0.45$  におけるリチウムイオン電池の放電時の全体の化学反応式を書け。

問2 十分に充電されたりチウムイオン電池を 2.0 A の電流で 2.0 時間放電すると，負極および正極の電極の質量はそれぞれ何 g 増減するか求めよ。ただし，このとき流れる電流はすべて式(i)および(ii)の反応だけに消費されるものとする。

問3 次の文章はリチウムイオン電池に関するものである。空欄 a, b, c, d に当てはまる用語や数値の組合せとして、最も適切なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。

リチウムイオン電池は、携帯電話やノートパソコン、電気自動車など様々な用途に用いられている充電が可能な **a** 電池である。金属元素のなかでも原子量が特に小さく、イオン化傾向が最も **b** リチウムを使用しているため、小型・軽量で、かつ起電力も約 **c** V と高い。また、充電した電気の保持しやすさに関する自己放電も **d** などの特長をもっている。

	a	b	c	d
①	一次	小さい	1.2	多い
②	一次	大きい	1.5	多い
③	一次	小さい	2.0	少ない
④	一次	大きい	3.7	少ない
⑤	二次	小さい	1.2	多い
⑥	二次	大きい	1.5	多い
⑦	二次	小さい	2.0	少ない
⑧	二次	大きい	3.7	少ない

**第5問** 金属イオンと硫化水素の反応について、下の問い（問1，2）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄に記せ。計算問題は計算過程も記し，解答は有効数字2桁で答えよ。

記述式解答記入欄 2

**問1** 硫化水素を水に溶かすと，以下の平衡により一部が硫化物イオンとなっており，その平衡定数は  $1.2 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$  であるとする。



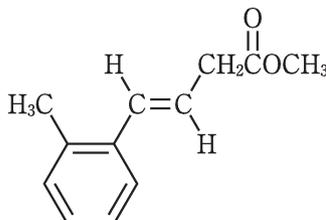
水素イオン濃度が  $0.010 \text{ mol/L}$  の酸の溶液に，十分な量の硫化水素を通じたときの硫化物イオンの濃度を求めよ。なお，このとき水溶液中の硫化水素の濃度は  $0.10 \text{ mol/L}$  であり，水素イオン濃度は変わらないものとする。

**問2** 硫化銅(II) と硫化亜鉛(II) の溶解度積はある温度でそれぞれ  $7.0 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$  と  $2.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$  であるとする。pH 2.0 の酸性溶液では，金属イオンとして  $0.010 \text{ mol/L}$  の銅(II)イオンのみを含む水溶液に十分な量の硫化水素を吹き込むと沈殿が生じるが，金属イオンとして同じ濃度の亜鉛(II)イオンのみを含む水溶液の場合は沈殿が生じない理由を述べよ。なお，硫化水素を吹き込むことによる水溶液の体積変化は無視できるものとする。

**第6問** 次の文章を読んで下の問い（問1，2）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄に記せ。構造式は解答記入欄に，次の例にならって記せ。計算問題は計算過程も記し，解答は有効数字2桁で答えよ。

記述式解答記入欄 3

構造式の例



a) ナトリウムフェノキシドAを高温・高圧で二酸化炭素と反応させると化合物Bが生成し，このBに対して希硫酸を作用させると化合物Cが生成する。Cを硫酸存在下でメタノールと反応させると化合物Dが生じた。また，b) Cに無水酢酸を作用させると化合物Eと酢酸が生成した。Dは外用塗布薬，Eは解熱鎮痛剤として用いられている。

問1 下線部 a) における化合物 A，B，C の構造式を書け。

問2 下線部 b) の反応において C に対して過剰量の無水酢酸を作用させると 3.6 g の E と 1.2 g の酢酸が生成し，未反応の無水酢酸 3.0 g が残った。このとき C の物質質量に対して何倍の物質質量の無水酢酸を加えたか答えよ。ただし，C はすべて無水酢酸と反応したものとする。